

УДК 629.563.2

О.А. Иванова, ст. преподаватель,

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская 33, 299053, г. Севастополь

В.М. Кушнир, д-р техн. наук, профессор,

Морской гидрофизический институт

ул. Капитанская 2, 299011 г. Севастополь

И.Л. Благовидова, начальник сектора «Динамика корабля»

ПАО ЦКБ «КОРАЛЛ»

ул. Репина 1, 299028, г. Севастополь

ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ГЛУБОКОВОДНЫХ БУРОВЫХ ПЛАТФОРМ ТИПА TLP И SPAR ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИХ ДИНАМИКИ В ОПЫТОВОМ БАСЕЙНЕ

Обоснован метод экспериментального исследования колебаний полупогружных платформ типа TLP и SPAR для глубоководного бурения в условиях морского волнения при использовании комплекса нового цифрового оборудования, созданного в Севастопольском национальном техническом университете на кафедре Океанотехники и кораблестроения. Определены пространственно-временные характеристики волновых возмущений в опытном бассейне ограниченной длины, основные размерения и параметры якорных связей физических моделей указанного типа платформ.

Ключевые слова: *опытовый бассейн, глубоководная платформа, волнографы, волновые возмущения, число Фруда, якорные связи.*

Введение. При разработке установок для освоения морских энергетических ресурсов экспериментальные исследования в опытовых бассейнах необходимы для решения многих прикладных проблем. К их числу относятся оценки воздействия экстремальных морских волн на терминалы, установленные в фиксированных точках [1]; определение волновых нагрузок на подводные трубопроводы в прибрежной зоне моря [2], изучение пространственных колебаний плавучих установок и эффективности стабилизации вертикальных смещений при различной конструкции полупогружных платформ [3 – 5].

Как правило, из-за ограничения длины опытовых бассейнов в них формируется сложная система прямых и отраженных волн [6, 7], которые необходимо разделить для правильной интерпретации результатов исследований.

Наиболее эффективным методом решения указанных задач является использование современной микроэлектроники и программного обеспечения для обработки и интерпретации результатов измерений. Один из возможных подходов в создании такой аппаратуры для обеспечения исследований в опытовых бассейнах был реализован в СевНТУ, а результаты выполненной работы представлены в настоящей статье.

Цель работы – определить основные размерения физических моделей глубоководных платформ типа TLP и SPAR из условия подобию по числам Фруда, выполнить оценку параметров якорных связей удержания моделей с помощью пакетов программ «POSITION» и «Anchored Structures».

Изложение основного материала исследования. Опытный волновой бассейн СевНТУ предназначен для испытаний моделей судов и плавучих сооружений, а также для решения задач относящихся к области морских технологий.

Основные размеры бассейна: длина 10 м, ширина 3 м, глубина 1,5 м. В бассейне используется пневматический волнопродуктор и решетчатый волногаситель, установленный в противоположном от волнопродуктора конце бассейна (рисунок 1).

Пневматический волнопродуктор может генерировать поверхностные волны с различными параметрами. Исследование их пространственно-временной структуры необходимо для последующего корректного построения моделей воздействия волн на различные плавучие объекты. Основным инструментом для исследования пространственно-временной структуры волновых возмущений в опытном бассейне являются два волнографа, размещенные на фиксированном расстоянии друг от друга вдоль распространения волн, как это показано на рисунке 2. В качестве чувствительных элементов волнографов использовались дифференциальные датчики давления фирмы «Motorola» типа MPX2010DP с динамическим диапазоном 10 кПа и чувствительностью 2,5 мВ/кПа. Фазовый сдвиг между показаниями волнографов используется для определения кажущейся длины волны и параметров прямой и отраженной волн. Изменение глубины погружения дифференциальных датчиков давления при фиксированном режиме работы волнопродуктора обеспечивает измерение волнового давления на различных глубинах. Это позволяет идентифицировать тип волновых возмущений.

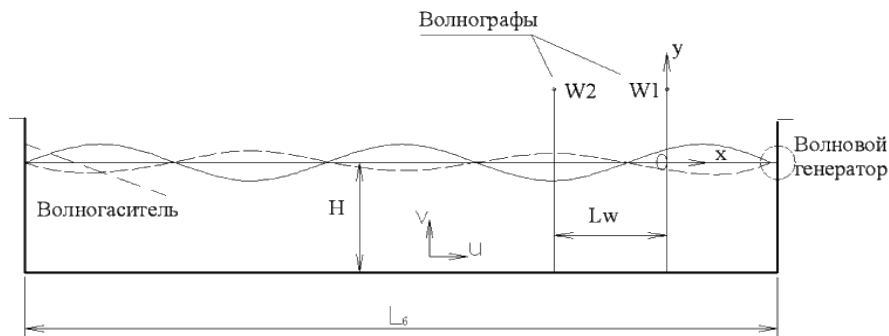


Рисунок 1 – Схема волнового бассейна и установки волнографов w1 и w2

Волновое поле в опытовом бассейне описывается в приближении потенциальных волн, т.е. без учета вязкости воды. Потенциал скорости $\varphi(x, y, t)$ записывается следующим образом

$$\varphi(x, y, t) = \frac{V_0 \operatorname{ch}[k(y + H)]}{k \operatorname{sh}(kH)} \cos(\omega t - kx), \quad (1)$$

где oxy – прямоугольная система координат, оси которой показаны на рисунке 2; $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ – волновое

число; λ – длина волны, м; $\omega = \frac{2\pi}{T_w}$ – угловая частота, с^{-1} ; T_w – период волны, с; $V_0 = a\omega$ – амплитуда вертикальной волновой скорости, м/с; a – амплитуда вертикальных смещений поверхности $\xi = a \sin(\omega t - kx)$, м.

Знак «-» в соответствии с используемой системой координат соответствует направлению распространения волн в отрицательном направлении оси ox .

Волновое число k определяется по дисперсионному соотношению

$$\omega^2 = ghth(kH), \quad (2)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; H – глубина бассейна; k – волновое число.

Горизонтальная $U(x, y, t)$ и вертикальная $V(x, y, t)$ волновые скорости, а также давление $p(x, y, t)$ равны

$$\begin{aligned} U &= \frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{V_0 \operatorname{ch}[k(H + y)]}{\operatorname{sh}(kH)} \sin(\omega t - kx), \\ V &= \frac{\partial \varphi}{\partial y} = \frac{V_0 \operatorname{sh}[k(H + y)]}{\operatorname{sh}(kH)} \cos(\omega t - kx), \\ p &= -\rho gy + \frac{\rho g \operatorname{ach}[k(H + y)]}{\operatorname{ch}(kH)} \sin(\omega t - kx). \end{aligned} \quad (3)$$

Для получения количественных параметров волновых возмущений используется градуировка волнографов. Ее необходимо выполнять до и после проведения исследований для того, чтобы проверить стабильность метрологических характеристик измерителей. Градуировка волнографов выполнена следующим способом. При отсутствии волнения приемный конец трубки датчика давления опускался на различную контролируемую глубину h_i (от 50 до 500 мм через 50 мм). Одновременно считывался соответствующий выходной код N_i .

Гидростатическое давление $p_i = \rho gh_i$ на каждой глубине сравнивалось с выходным кодом и, затем методом наименьших квадратов вычислялась градуировочная характеристика следующего вида $p = \alpha(N - N_0)$, где α, N_0 – коэффициент чувствительности и начальный код измерителя. Цифровые волнографы имеют высокую чувствительность: 0,3 Па, что эквивалентно 0,03 мм водяного столба. Стабильность метрологических характеристик этих измерителей была проверена повторными градуировками через интервалы времени, равные один месяц и при этом относительная нестабильность не превышала 1%, что эквивалентно суммарной погрешности измерений в пределах 2 мм водяного столба [6]. Дисперсия σ_N^2 и стандартное отклонение показаний волнографов σ_p вычисляется при

отсутствии возмущений поверхности по соотношениям: $\sigma_N^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (N_i - \bar{N})^2$, $\sigma_p = \alpha \sqrt{\sigma_N^2}$,

$[\sigma_p] = \text{Па}$. Суммарная погрешность волнографов $\Delta = \pm 2\sigma_p$, Па. Чувствительность волнографов или цена единицы младшего разряда выходного кода a , Па:

$$N_{01} = 187,141; a = 3,064; \Delta_1 = 9,56 \text{ Па}$$

или 0,956 мм вод. столба,

$$N_{02} = 197,579, a = 3,056; \Delta_2 = 16,38 \text{ Па}, \quad (4)$$

или 1,64 мм вод. столба.

На рисунке 2 приведены полученные градуировочные характеристики волнографов. Можно отметить их линейный характер и близкие величины для первого и второго приборов. Реальный перепад давления составляет для рассматриваемых условий около 5000 Па. Таким образом, относительные погрешности измерения для первого и второго волнографов составляют 0,19 % и 0,33 %.

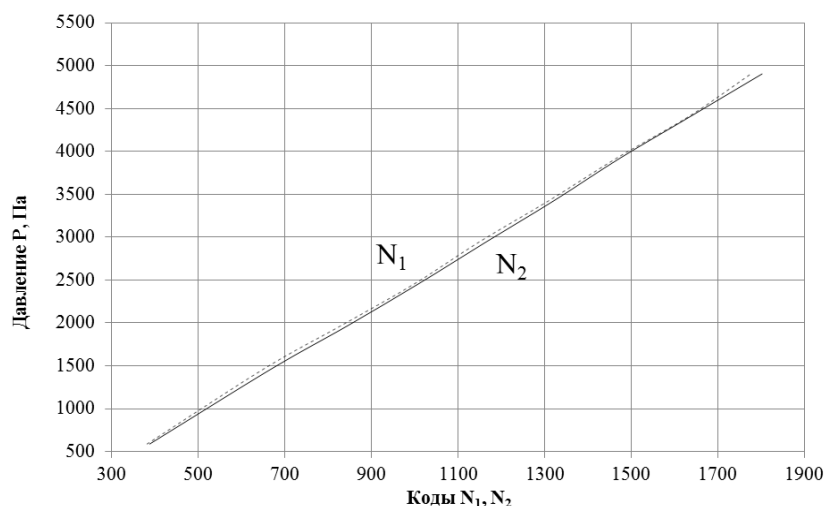


Рисунок 2 – Градуировочные характеристики волнографов

Период волны T_w находится путем спектрального анализа рядов значений кодов волнографов.

$$T_w = \frac{1}{f}, \quad f = \frac{k}{2m\Delta t}, \quad (5)$$

где f – частота волны, с^{-1} ; k – номер точки максимума в спектре; m – количество точек в выборке; Δt – интервал дискретности, с.

Длина волны находится путем решения нелинейного дисперсионного соотношения (2) при известном периоде волны.

Система управления опытового бассейна предусматривает 10 режимов работы, связанных с частотой вращения барабана пневматического волнопродуктора. Частоты выражены в процентах – от 30 % до 90 %. Пространственно-временные характеристики волновых возмущений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Пространственно-временные характеристики волновых возмущений.

Режим работы волнопродуктора	Параметры волнения		
	T_w , с	h_w , м	λ , м
30 %	1,52	0,07	3,55
40 %	1,2	0,05	2,25
50 %	0,98	0,04	1,50
60 %	0,82	0,03	1,05

В таблице 1 приняты следующие обозначения: T_w – период волны, h_w – высота волны на свободной поверхности (удвоенная амплитуда, $h_w = 2a_w$), λ – длина волны.

Из соотношения(3) для волновых колебаний давления следует:

$$\frac{p(z)}{p(0)} = \frac{ch(kz)}{ch(kH)} = \frac{ch(2\pi z/\lambda)}{ch(2\pi H/\lambda)}, \quad (6)$$

где $z = H + y$ – расстояние от поверхности дна; $p(0) = 0,5\rho gh_w$ – амплитуда волновых колебаний давления на свободной поверхности.

На рисунке 3 приведены вертикальные распределения по глубине амплитуд волнового давления для линейных волн, вычисленные по соотношению (5). Заметно проявляется эффект более быстрого затухания с глубиной коротких волн по сравнению с волнами большей длины.

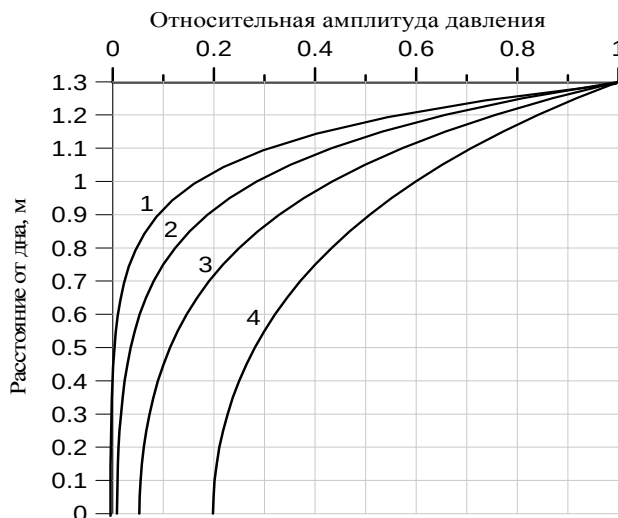


Рисунок 3 – Изменение относительной амплитуды волновых колебаний давления по глубине бассейна для линейных волн малой амплитуды при различных длинах волн: 1 – 1,05 м, 2 – 1,5 м, 3 – 2,25 м, 4 – 3,55 м

Определение основных размерений физических моделей глубоководных платформ

Анализ основных конфигураций глубоководных платформ, показал, что в качестве наиболее перспективных типов платформ для глубоководного бурения в Черном море целесообразно выбрать платформы типа SPAR и TLP. Характерный размер диаметра основной части платформ SPAR обычно составляет 30...40 м, размеры платформ типа TLP находятся в пределах 100...150 м. При определении чисел Фруда для натурных условий использованы данные об экстремально больших волнах, которые были в центральной части Черного моря во время сильнейшего шторма 10...11 ноября 2007 г. Высота волны 3 % обеспеченности H достигала 10 м, период T_w – 9,5 с, длина λ – 100 м.

Амплитуда горизонтальной волновой скорости на поверхности моря U_0 , равная $\pi H/T_w$, составляла 3,3 м/с. Так как основная часть корпуса глубоководной платформы распределена по глубине h_p , где волновые возмущения практически полностью затухают (для рассматриваемых волн это составляет примерно 80 м), то необходимо определить среднюю по указанной глубине горизонтальную волновую скорость U_c , которая фактически воздействует на корпус платформы [6, 7].

Для линейных поверхностных волн на глубокой воде горизонтальная волновая скорость уменьшается с глубиной по соотношению:

$$U(y) = U_0 \exp\left(-\frac{2\pi z}{\lambda}\right), \quad (7)$$

где z – удаление от поверхности моря.

Средняя по глубине h_p амплитуда скорости волнового течения равна:

$$U_c = \frac{U_0}{h_p} \int_0^{h_p} \exp(-kz) dz = \frac{U_0}{kh_p} [1 - \exp(-kh_p)]. \quad (8)$$

Для рассмотренных выше условий $U_0 = 3,3$ м/с, $h_p = 80$ м, $\lambda = 100$ м, находим: $U_c = 0,66$ м/с.

Число Фруда при этом равно $Fr = \frac{0,66}{\sqrt{30g}} = 0,038$. С другой стороны, в опытовом бассейне длина волны равна 1,5 м, амплитуда волновой скорости на поверхности 0,128 м/с. При заглублении модели

платформы на половину длины волны (0,75 м) амплитуда средней волновой скорости равна $U_{cb} = (0,128 \times 0,96) / 3,14 = 0,039$ м/с. Приравнявая числа Фруда для натуральных условий и для опытового бассейна, находим: $0,039 = \frac{0,039}{\sqrt{gD}}$ и $D = 0,106$ м. Таким образом, диаметр модели платформы SPAR равен 0,1 м.

Глубоководная платформа типа TLP имеет размеры 100...150 м. При рассмотренных условиях числа Фруда находятся в диапазоне 0,0171...0,0209. Приравнявая эти величины к числам Фруда для опытового бассейна, находим: $0,0171 = \frac{0,039}{\sqrt{gL}}$, $L = 0,36$ м; $0,0209 = \frac{0,039}{\sqrt{gL}}$, $L = 0,53$ м. Таким образом, размер физической модели типа TLP должен быть в пределах от 0,36 до 0,53 м. Другие размерения моделей глубоководных платформ определяются из условий геометрического подобия.

Определение параметров якорных связей глубоководных платформ типа TLP и SPAR

Первичная оценка параметров якорных связей производилась с помощью пакетов программ «POSITION» (ПАО ЦКБ «Коралл») и «Anchored Structures». При помощи указанных программных комплексов были рассчитаны параметры якорных систем удержания (ЯСУ) полупогружных глубоководных платформ типа TLP и SPAR. В данном случае применялась классическая ЯСУ, представляющая собой комбинацию стального троса и якорной цепи. Расчет натяжений (усилий) в якорных связях производился квазистатическим методом, также учитываются их растяжение. В качестве основных критериев для определения параметров якорных связей приняты требования Правил классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и стационарных платформ [8].

Уровень допускаемых в якорных связях нагрузок регламентируется посредством коэффициентов безопасности, рассчитываемых по формуле (9):

$$SF = \frac{PB}{T_{\max}}, \quad (9)$$

где SF – коэффициент безопасности; PB – минимальный расчетный предел прочности якорной линии; $T_{\max}$ – характеристика натяжения якорной линии, равная максимальному усилию в наиболее нагруженной якорной связи. Минимальное значение коэффициента безопасности согласно п.п. 4.3.10 Правил ПБУ [8] при использовании квазистатического метода расчета якорной системы позиционирования для условий сильного шторма составляет 1,8.

Согласно п. 4.5.4 Правил [8] якорные линии должны иметь достаточную длину, предотвращающую подрыв якоря. Для определения расчетной длины якорной связи была выполнена серия предварительных расчетов и выбрана такая длина связей, при которой вертикальное усилие, передаваемое на якорь, равно нулю.

Необходимые длины связей и их характеристики для глубины постановки 2000 м глубоководной буровой платформы типа SPAR представлены в таблице 2, схема расположения якорных клюзов представлена на рисунке 4, пространственное положение якорных линий показано на рисунке 5.

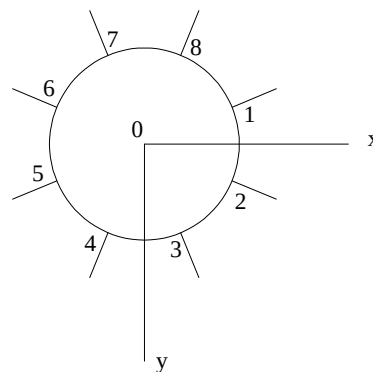


Рисунок 4 – Схема расположения якорных клюзов (1 – 8 номера клюзов)

Таблица 2 – Параметры якорных связей платформы типа SPAR

Наименование характеристики	Величина	
	Трос	Цепь
Диаметр, мм	250	152
Разрывное усилие, кН	37630	30144
Вес 1 м связи в воде, кН/м	3,29	4,15
Модуль прочности E, кН/мм ²	70	56
Начальное натяжение, кН	11700	–
Расчетная длина связей, м	3900	700

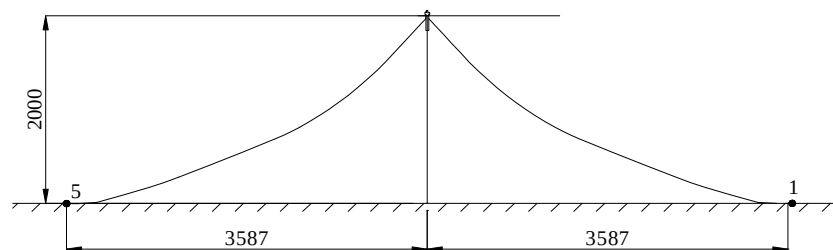


Рисунок 5 – Пространственное положение якорных линий при отсутствии морских течений (статический режим), (м)

При определении параметров системы позиционирования рассмотрено самое неблагоприятное сочетание воздействия ветра, течения и волнения. В соответствии с требованием п. 4.3 части III Правил [8] все силы действуют в одном направлении. Учитывая симметричное расположение якорных связей и круглую форму установки, рассмотрено воздействие внешних сил под углом 0° (180°) и воздействие внешних сил с косою направлением (курсовой угол 45°).

Поскольку программа не позволяет задавать условия переменного течения, нагрузка на платформу от течения была рассчитана предварительно по формуле:

$$F = \rho u^2 C_x S, \quad (10)$$

где $\rho = 1,017 \text{ т/м}^3$ – плотность морской воды; $u(z)$ – скорость течения, м/с; $C_x = 1,2$ – коэффициент сопротивления; S – подводная площадь парусности ПБУ.

Переменное течение рассмотрено на двух участках: 1) постоянное течение в поверхностном 30-ти метровом слое $u = 1,5 \text{ м/с}$; 2) переменное по глубине течение $u = 1,5 \cdot e^{-0,0225z}$, $30 < z < 128$.

$$F_1 = 1,017 \cdot 1,5^2 \cdot 1,2 \cdot 900 = 1240 \text{ кН},$$

Для определения эквивалентной нагрузки на втором участке находится средняя скорость течения на глубинах 30...128 м:

$$\bar{u} = 1,5 \int_0^{120} e^{-0,0225z} dz = 0,64 \text{ м/с}; \quad F_2 = 1,017 \cdot 0,64^2 \cdot 1,2 \cdot 3840 = 900 \text{ кН}; \quad F = 1240 + 900 = 2140 \text{ кН}.$$

Результат расчета представлен в таблице 3. На рисунке 6 показана схема провисания якорных линий при воздействии внешней нагрузки под курсовым углом 45° [6, 9].

Таблица 3 – Смещения и коэффициенты безопасности системы позиционирования платформы типа SPAR

Курсовой угол, градус	45°	$0^\circ(180^\circ)$
Ветровая нагрузка, кН	1202	869
Нагрузка от течения, кН	2140	2140
Сила волнового дрейфа, кН	189	238
Максимальное смещение, м	20,6	25,6
Номер наиболее нагруженной связи	5–6	4–5
Максимальное усилие в наиболее нагруженной связи, кН	16875,6	16562,6
Коэффициент безопасности (КБ)	1,8	1,82

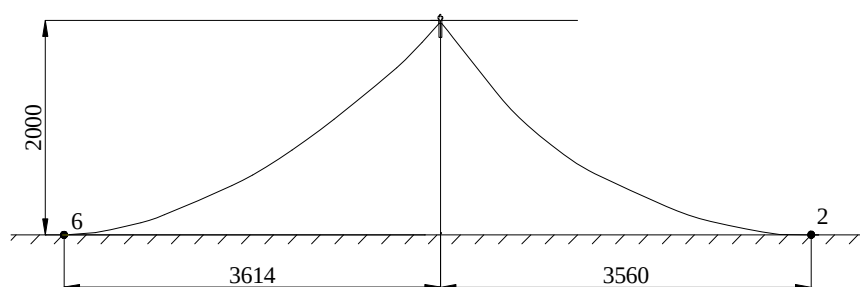


Рисунок 6 – Пространственное положение якорных линий при воздействии экстремальных морских течений (курсовой угол равен 45° , расстояния показаны в метрах)

Характеристики плавучей буровой установки типа SPAR

Диаметр колонны	–	30 м
Осадка эксплуатационная	–	158 м
Водоизмещение	–	170000 т

Изменение конфигурации якорной системы и параметров связей оказывает влияние не только на изменение пространственного положения платформы под воздействием внешних сил, но и на период собственных колебаний установки. Увеличение числа якорных связей снижает величины периодов собственных колебаний установки. Однако разница периодов незначительна и не оказывает влияния на характеристики колебания платформы под воздействием поверхностных волн. На крен установки увеличение количества якорных связей также не оказывает существенного влияния [6, 9].

Платформы типа TLP удерживаются в точке бурения с помощью системы натянутых тросов, сгруппированных по периметру основания. Натяжные элементы служат достаточно жесткими опорами, так как, имея низкую осевую эластичность, они практически исключают вертикальное смещение платформы, однако допускают возможность некоторого горизонтального смещения, благодаря чему платформа противостоит морским волнениям, не повреждая опор. Платформа типа TLP может также удерживаться в фиксированной точке при помощи набора стальных якорных канатов, закрепленных на платформе, и связанных с фундаментом (матом), лежащем на дне моря. Фундамент может быть единым для всей установки или состоять из отдельных блоков (количество зависит от формы корпуса установки).

При анализе динамики платформы типа TLP использованы следующие исходные данные, которые являются типовыми для глубоководных платформ такого типа: водоизмещение $\Delta=86000$ т, диаметр стабилизирующей колонны $d=37$ м. Ниже в таблице 4 приведены соответствующие этим параметрам характеристики якорных связей [6, 9, 10].

Таблица 4 – Параметры якорных связей платформы типа TLP

Наименование характеристики	Величина	
	Цепь	Трос
Диаметр, мм	152	180
Разрывное усилие, кН	14430	19500
Вес 1 м связи в воде, кН/м	4,15	1,7
Модуль прочности E , кН/мм ²	56	70
Начальное натяжение, кН	–	20314
Расчетная длина связей, м	700	3900

Полученные результаты расчетов параметров якорных связей глубоководных платформ типа TLP и SPAR были пересчитаны методом геометрического подобия на физические модели указанного типа платформ, для условий опытового (волнового) бассейна СевНТУ.

Заключение. Пространственно-временная структура реальных волн в опытовом бассейне отличается от представлений линейной теории поверхностных волн малой амплитуды. Общая тенденция уменьшения амплитуды давления с увеличением глубины соответствует потенциальной теории поверхностных волн, а детали вертикальных распределений амплитуды волновых возмущений существенно отличаются от модельных представлений. Возможное объяснение этой особенности состоит в том, что в противоположной от волнопродуктора части бассейна не происходит полное погашение волновых возмущений и наряду с основной волной, в бассейне многократно распространяется отраженная волна, энергия которой составляет некоторую часть энергии основной волны.

Эту особенность пространственно-временной структуры волн в опытовом бассейне необходимо учитывать при проведении исследований воздействия волн на физические модели различных плавучих объектов. Для этой цели используются представленная методика экспериментальных исследований, которая включает измерение волновых возмущений давления двумя волнографами с разномом их на фиксированное расстояние и фиксации приемной части датчиков на различной глубине, а также спектральный анализ полученных записей и расчеты вертикального распределения по глубине амплитуд волновых возмущений.

Определены основные размерения физических моделей платформ типа TLP и SPAR, а также параметры якорных связей для их удержания применительно к условиям опытового (волнового) бассейна СевНТУ. Это необходимо для прогноза условия устойчивости пространственного положения реальных глубоководных буровых платформ при воздействии волн и течений на основе пересчета данных лабораторных исследований на натурные условия.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и г. Севастополя в рамках научного проекта 14-41-01556 «р_юг_а».

Библиографический список использованной литературы

- 1 Морева И.Н. Исследование модели полупогружной платформы на волнении при различных осадках и при различном угле распространения волн / И.Н. Морева, Л.И. Криворчук // Совершенствование проектирования и эксплуатации морских судов и сооружений: матер. IV Всеукр. студен. науч.-технич. конф., Севастополь, 2 – 5 декабря 2009 г. — Севастополь, 2009. — С. 132–136.
- 2 Морева І.М. Гідродинаміка просторових коливань напівзанурюваної платформи у штормових умовах: дис.... канд. техн. наук / І.М. Морева, ОНМУ, Одеса. — 2009. — 123 с.
- 3 Иванова О.А. Цифровое устройство для измерения параметров пространственных колебаний подвижных объектов / О.А. Иванова, В.М. Кушнир, И.С. Дубовик // Системы контроля окружающей среды. — Севастополь: МГИ НАН Украины, 2010. — Вып. 13. — С. 35–38.
4. Цифровая система для исследований океанотехнических систем в волновых бассейнах / В.М. Кушнир, В.Р. Душко, И.Н. Морева, О.А. Иванова, С.В. Федоров // Вісник ОНМУ: сб. наук. пр. — 2012. — Вып. № 34 (1). — С. 85–102.
5. Иванова О.А. Воздействие волн на морские полупогружные платформы: экспериментальные исследования в опытовом бассейне / О.А. Иванова // Сучасні проблеми в Океанотехніці: матер. всеукраїнської наук.-техн. конф., Севастополь, 25–27 вересня, 2013 р. — Севастополь: СевНТУ, 2013. — С. 55–58.
6. Гидродинамика глубоководных платформ для условий Черного моря: монография / В.М. Кушнир, В.Р. Душко, И.Н. Морева, О.А. Иванова. — Севастополь: СевНТУ, 2012. — 233 с.
7. Особенности динамики глубоководных буровых платформ для центральной части Черного моря / В.М. Кушнир, О.А. Иванова, И.Н. Морева, В.Р. Душко // Сб. науч. тр. СНУЯЭиП. — 2010. — Вып. 4 (36). — С. 152–158.
8. НД № 2-020201-008 Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и стационарных платформ; введ. 2008 – 04 – 30 // Российский морской регистр судоходства. — СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2008. — 480 с.
9. Тертышникова А.С. Глубоководные буровые платформы для Черного моря: возможные конфигурации, статика и динамика при воздействии экстремальных волн и течений / А.С. Тертышникова, В.М. Кушнир // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: сб. науч. тр. НАН Украины МГИ. — Севастополь, 2009. — Вып. 19. — С. 166–175. (Ф.В.).
10. Тертышникова А.С. Параметры системы позиционирования глубоководной буровой платформы / А.С. Тертышникова, И.Л. Благовидова, В.М. Кушнир // Вестник СевНТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. — Севастополь, 2010. — Вып. 106. — С. 164–167.

Поступила в редакцию 22.09.2014 г.

Іванова О.О., Кушнір В.М., Благовідова І.Л. Фізичні моделі глибоководних бурових платформ типу TLP і SPAR для проведення експериментальних досліджень їх динаміки в дослідному басейні

Виконано обґрунтування методу експериментального дослідження коливань напівзанурювальних платформ типу TLP і SPAR для глибоководного буріння в умовах морського хвилювання при використанні комплексу нового цифрового устаткування, створеного в Севастопольському національному технічному університеті на кафедрі Океанотехніки і кораблебудування. Визначені просторово-часові характеристики хвильових обурень в дослідному басейні обмеженої довжини, основні розмірення і параметри якірних зв'язків фізичних моделей вказаного типу платформ.

Ключові слова: дослідний басейн, глибоководна платформа, волнографи, хвильові обурення, число Фруда, якірні зв'язки.

Ivanova O.A., Kushnir V.M., Blagovidova I.L. Physical models of TLP and SPAR deepwater drilling platforms for experimental researches of the dynamics in the experimental basin

The justifications of the experimental research method of TLP and SPAR semi-submersible platforms oscillations for deepwater drilling in the sea waves conditions by using a new digital equipment complex established in Sevastopol National Technical University at the chair of Ocean technology and Shipbuilding are filled-out. Determine the spatio-temporal characteristics of wave disturbances in the experimental basin of limited length, principal dimensions and parameters of anchor links physical models of this platforms type.

Keywords: experimental basin, deep-water platform, plotting device, the wave disturbances, the Froude number, anchor links.